

DISPOSITIVI DI INTERCETTAZIONE E SCARICO

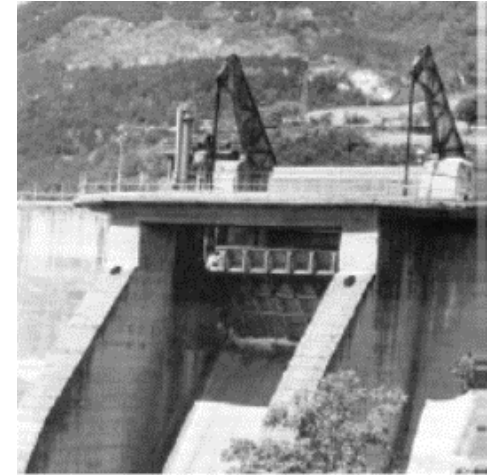
LE PARATOIE

DEFINIZIONE DI PARATOIE

Le paratoie sono elementi mobili di apertura e chiusura, montate su un supporto solitamente murario.

Sono costituite da 4 parti fondamentali:

- 1) **DIAFRAMMA** (O SCUDO): l'elemento mobile che modula il passaggio dell'acqua;
- 2) **DISPOSITIVI DI TENUTA**: gli elementi che garantiscono la tenuta della paratoia;
- 3) **PARTI INGHISATE**: contenute nel supporto murario, hanno funzione di alloggiamento del diaframma, e sono sedi dei suoi dispositivi di tenuta.
- 4) **SISTEMA DI COMANDO**, in base al quale le paratoie si distinguono in:
 - manovrabili (manualmente);
 - automatiche, con automatismo azionato direttamente o indirettamente dall'acqua (PLC).



PARATOIE PIANE

Le paratoie piane sono costituite da un diaframma piano a forma rettangolare scorrevole all'interno di gargami laterali inghisati nelle pile.

Caratteristiche costruttive

1) DIAFRAMMA: normalmente irrigidito, a valle, mediante travature orizzontali saldate o imbullonate tra loro.

2) CONTRAPPESO di bilanciamento: ha l'obiettivo di ridurre la forza necessaria al sollevamento della paratoia, cui è collegato normalmente tramite rinvio che ne dimezza la corsa.

3) ZAVORRA: appesantimento della paratoia per permettere la chiusura sotto flusso della paratoia a gravità.

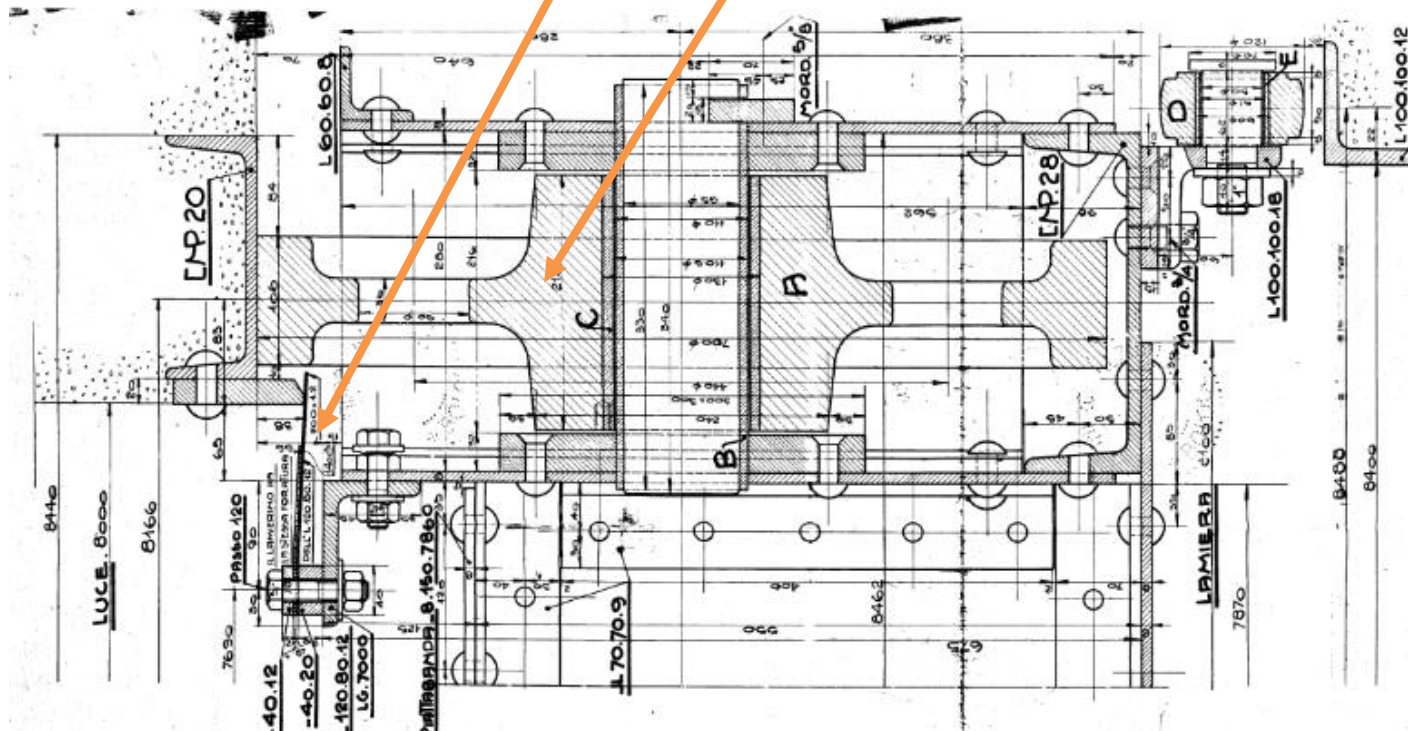
4) DISPOSITIVI DI TENUTA: su 3 lati (installazioni su canali a pelo libero), o su 4 lati (istallazioni completamente sotto battente).



PARATOIE PIANE

TENUTA RADENTE: mediante elementi metallici o in gomma, fissati al diaframma e striscianti sui rivestimenti metallici dei / gargami.

ATTRITO VOLVENTE: con installazione di ruote o rulli di scorrimento nei gargami che riducono lo sforzo di sollevamento per strisciamento.



PARATOIE PIANE

Caratteristiche funzionali

Sulle dighe, sono normalmente utilizzate come:

- scarichi di superficie, con funzione di regolazione del livello d'invaso e di sicurezza per evacuare la portata di piena;
- scarichi di fondo, con funzione di deflusso sotto battente. Anch'esse sono paratoie che possono funzionare con apertura parziale, e sono dimensionate per la chiusura sotto flusso.

Negli organi di presa dell'acqua (galleria, canale, condotta di derivazione) hanno funzione di:

- semplice intercettazione del flusso in modalità on/off;
- regolazione della portata transitante nei canali a pelo libero, anche con apertura parziale.

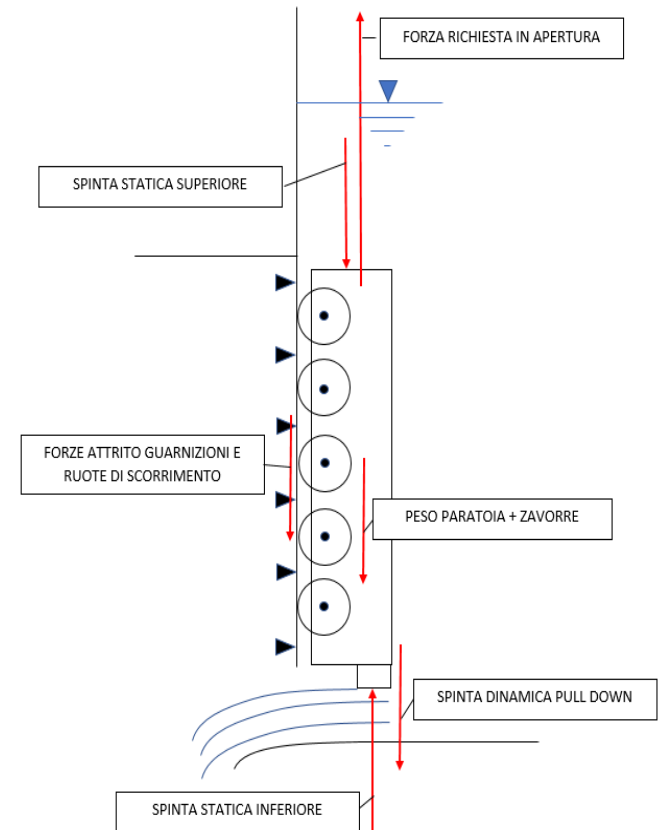
Le paratoie piane sono dimensionate per la chiusura sotto-flusso e l'apertura con carichi monte-valle sbilanciati; se opportunamente zavorrate, permettono la chiusura a gravità. Questa funzione di sicurezza garantisce l'intercettazione della galleria o della tubazione in caso di necessità, anche in condizioni di emergenza con indisponibilità di fonti di energia esterne.

PARATOIE PIANE

Carichi

I carichi da vincere per il sollevamento delle paratoie piane sono:

- il peso proprio della paratoia (incluse le eventuali zavorre);
- le resistenze di attrito generate dal contatto delle tenute laterali con le relative sedi di tenuta inghisate nelle pile;
- le resistenze di attrito delle ruote di scorrimento;
- spinta idraulica statica superiore e inferiore;
- lo scarico dell'acqua sotto la paratoia genera una spinta idrodinamica di richiamo, denominata downpull, che spinge la paratoia verso il basso contrastandone il sollevamento.



PARATOIE PIANE

Vantaggi

- limitati ingombri e ridotte opere civili (pile) necessarie per la loro installazione;

Svantaggi

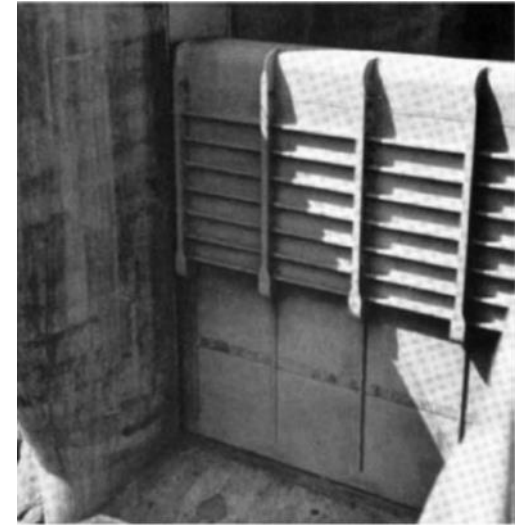
- necessità di installare gargami laterali;
- possibilità che i detriti si accumulino tra le ruote di scorrimento della paratoia;
- necessità di una struttura dedicata di sostegno e sollevamento sopra la paratoia;
- elevate forze necessarie per il sollevamento, a meno dell'installazione di contrappesi di bilanciamento;
- in caso di ruote di scorrimento bloccate si ha un significativo incremento delle forze di attrito di strisciamento delle ruote stesse sui gargami, pertanto può aumentare considerevolmente la forza necessaria per il sollevamento della paratoia;
- le paratoie piane tendono a presentare criticità nei confronti del problema del debris-flow in quanto esse non permettono il passaggio di materiale galleggiante fino a quasi la loro apertura totale.

PARATOIE PIANE MULTIPLE

Le paratoie piane multiple sono costituite da una coppia di paratoie piane a ruote, dotate di propri gargami in modo da rendere possibile il movimento indipendente su 2 piani paralleli.

Questa tipologia di paratoie è adatta per l'impiego nelle traverse fluviali che presentano spesso luci di dimensioni ragguardevoli.

Esempio di paratoia multipla piana



La paratoia superiore, normalmente di altezza minore rispetto alla paratoia inferiore, presenta l'estremità superiore profilata per rendere agevole il passaggio dell'acqua e di eventuali corpi galleggianti, quando viene abbassata.

Il sistema di comando è normalmente mediante argani a comando elettro-meccanico o oleo-meccanico.

Cabina argano e relative catene



PARATOIE A SETTORE

Le paratoie a settore rappresentano la tipologia di paratoia di regolazione più comune per scarichi di superficie delle dighe e traverse.

Caratteristiche costruttive

- 1) **DIAFRAMMA:** a forma di settore di cilindro in grado di ruotare intorno all'asse del cilindro, è irrigidito da travature orizzontali e verticali. Normalmente il lato convesso è rivolto verso monte.
- 2) **BRACCI RADIALI (n°2):** supporti del diaframma che convergono a valle nei perni di rotazione della paratoia; normalmente, sono sottoposti a carico di compressione.
- 3) **PERNI E CERNIERE DI ROTAZIONE:** ancorati alle pile, trasferiscono a loro il carico idraulico. Le cerniere sono cilindri in acciaio che ruotano insieme ai bracci sui relativi perni fissi ancorati alle pile.

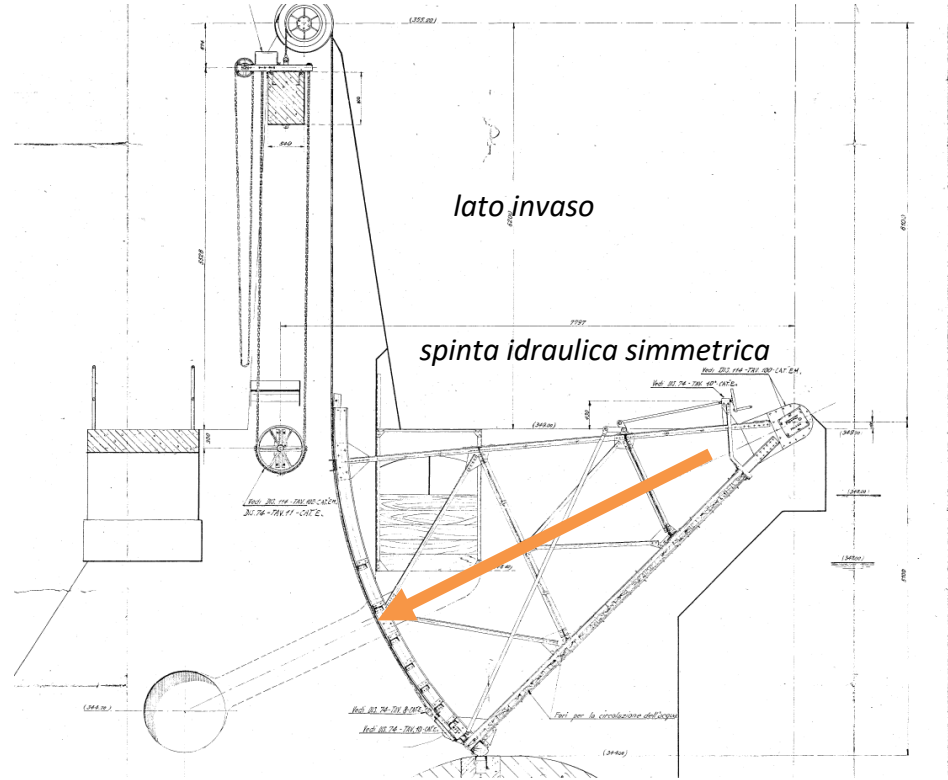


PARATOIE A SETTORE

Normalmente, il carico idraulico risultante passa per i perni di rotazione, pertanto la paratoia non ha tendenza né ad aprire né a chiudere.

In alcuni casi, tuttavia, il centro di curvatura del diaframma è appositamente ubicato sopra i perni di rotazione in modo tale che la spinta idraulica generi una coppia che aiuti l'apertura della paratoia. Tale coppia deve tuttavia essere sempre inferiore a quella prodotta dal peso della paratoia per garantirne sempre la chiusura.

Quando il diaframma è invece concavo lato acqua, la paratoia si chiama a barca e i bracci sono sottoposti ad un carico di trazione.



Esempio di paratoia a barca

PARATOIE A SETTORE

4) SISTEMA DI COMANDO:

- 1) idraulico-meccanico: paratoie automatiche per il controllo del livello di invaso;
- 2) elettro-meccanico, paratoie con comando manuale: il motore elettrico comanda funi o catene che si avvolgono su apposite pulegge di rimando e che sono normalmente collegate ai contrappesi di bilanciamento;
- 3) oleodinamico, con uno o più cilindri oleodinamici incernierati direttamente al diaframma della paratoia, oppure mediante sistema fune/puleggia/carrucola.



PARATOIE A SETTORE

Caratteristiche funzionali

Sulle dighe, sono normalmente utilizzate come:

- scarichi di superficie con funzione di regolazione del livello dell'invaso; sono del tipo sollevabili, ossia con la portata scaricata che defluisce sotto il bordo inferiore della paratoia;

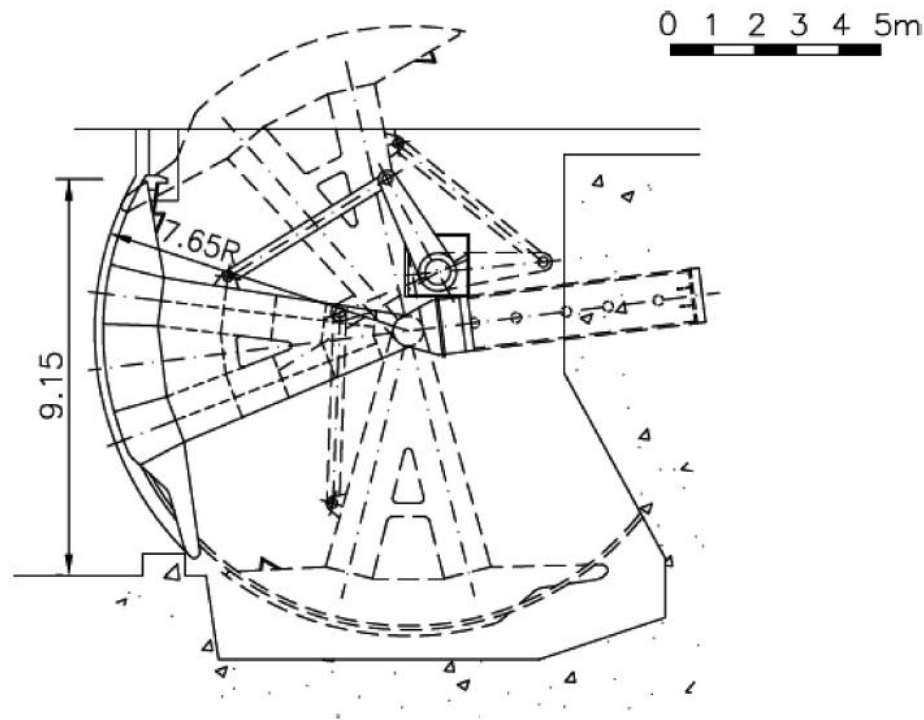


PARATOIE A SETTORE

Caratteristiche funzionali

Sulle dighe, sono anche utilizzate come:

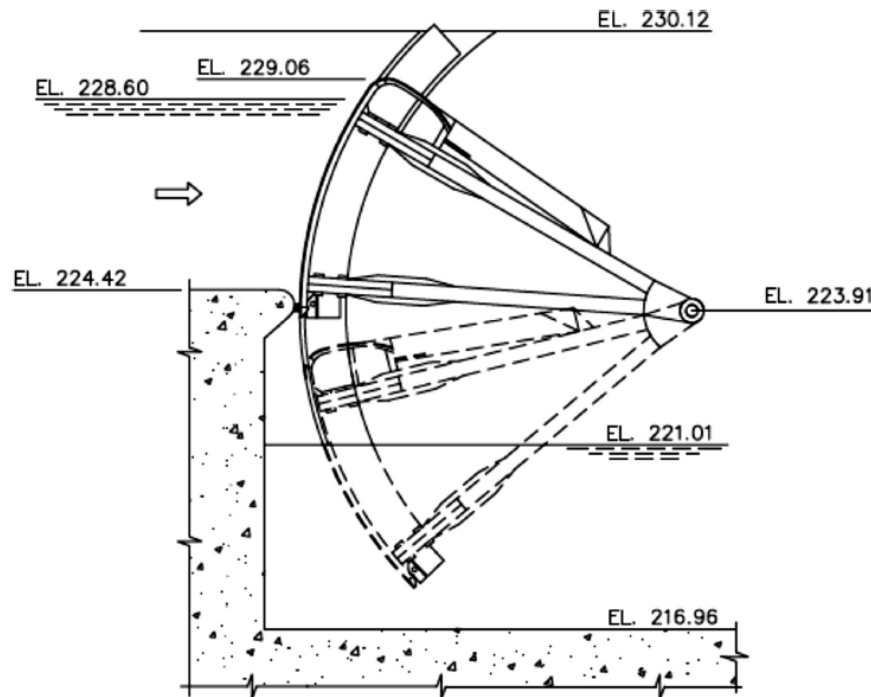
- scarichi del tipo sollevabili e parzialmente abbassabili con le quali la corrente d'acqua può essere scaricata sopra e sotto la paratoia in base al movimento di abbassamento o sollevamento della paratoia (svantaggio: rischio intasamento di detriti nel vano di alloggiamento del settore nella soglia);



PARATOIE A SETTORE

Caratteristiche funzionali

- paratoie sommergibili lungo canali; in questo caso, l'acqua viene scaricata sopra il diaframma anziché sotto, e le paratoie si dicono del tipo abbassabili;



PARATOIE A SETTORE

- paratoie di intercettazione di canali di derivazione, montate con i bracci ad asse di rotazione verticale (normalmente a coppie):
 - in posizione di chiuso, i mantelli cilindrici della coppia di paratoie fanno tenuta verticale nella parte centrale del canale;
 - in posizione di aperto, i mantelli alloggiano in nicchie ricavate lungo le sponde del canale;



PARATOIE A SETTORE

Vantaggi

- tipologia semplice e affidabile per scaricare grosse portate;
- la spinta idraulica si scarica solo sui due perni di rotazione che normalmente sono facilmente accessibili;
- assenza dei gargami laterali, che possono generare cavitazione ed accumulo di limo/detriti;
- la geometria a settore del diaframma migliora le condizioni di scarico idraulico durante le aperture parziali;
- le cerniere sono sempre fuori acqua, pertanto non sono esposte a danneggiamenti prodotti dalla collisione con detriti portati dal flusso.

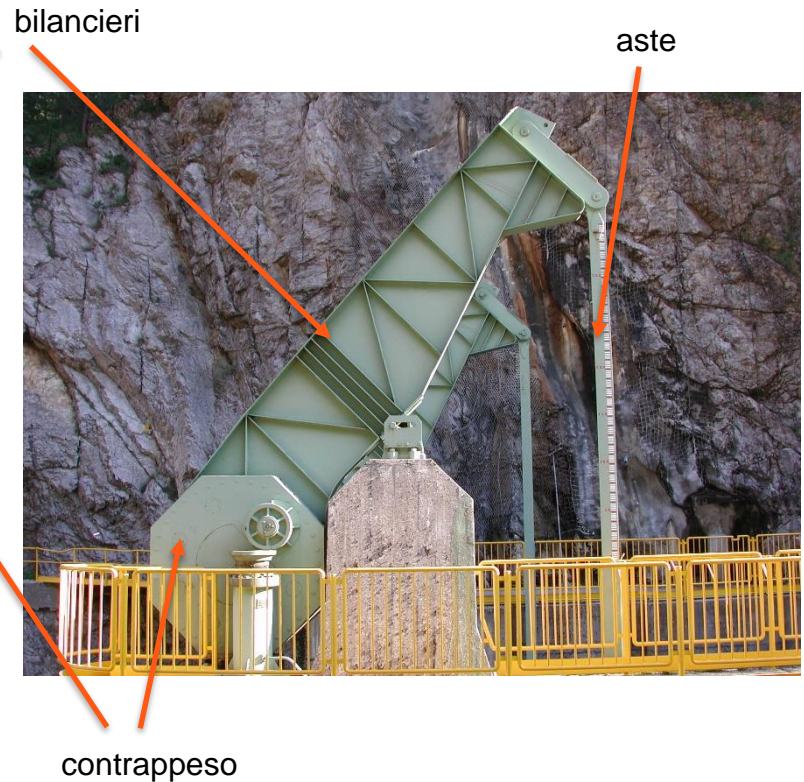
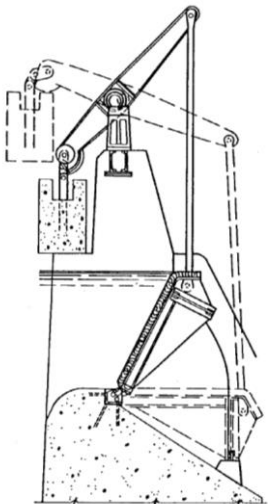
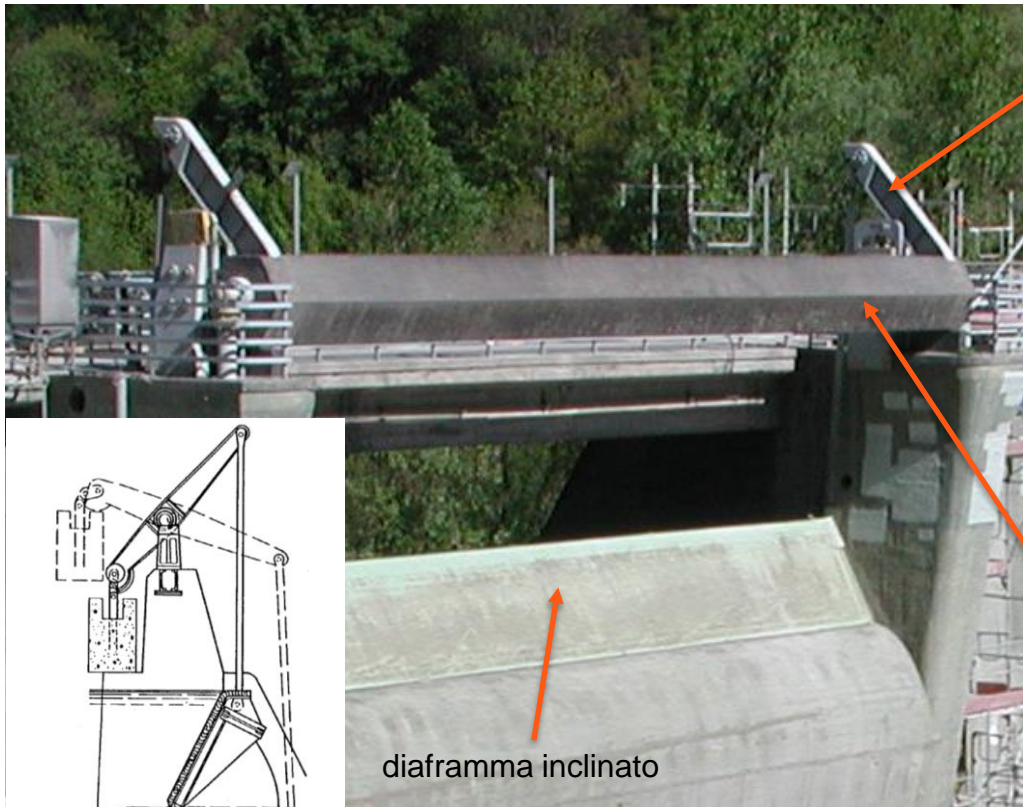
PARATOIE A SETTORE

Svantaggi

- maggiori opere civili: le pile devono estendersi a valle ad una sufficiente altezza per permettere l'attacco ai perni di rotazione;
- i carichi sono concentrati sui bracci e quindi sui perni, pertanto occorre porre particolare attenzione al loro dimensionamento e alla distribuzione del carico nelle pile;
- come per le paratoie piane, le paratoie a settore non permettono il passaggio di materiale galleggiante fino a quasi la loro apertura totale; per questo motivo, sulla parte superiore del diaframma sono a volte ricavate delle "portelle" comandabili in modo indipendente.

PARATOIE A VENTOLA

Le paratoie di questo tipo sono formate dal diaframma di tenuta inclinato di circa 30° rispetto alla verticale e ruotante intorno ad un asse orizzontale disposto lungo il bordo inferiore.



PARATOIE A VENTOLA

Caratteristiche costruttive

- 1) **DIAFRAMMA:** lamiera accoppiata ad una intelaiatura metallica in acciaio con profilati di rinforzo; la rotazione avviene mediante supporti a coltello protetti da lamierino di tenuta.
- 2) **ASTE E BILANCIERI (n°2):** le aste hanno funzione di sostegno del diaframma e sono incernierate alle estremità del bordo superiore della ventola e ai bilancieri che oscillano intorno a perni rotolanti su supporti fissati alle murature.
- 3) **CONTRAPPESO di bilanciamento:** è collegato alle estremità opposte dei bilancieri ed ha l'obiettivo di bilanciare la spinta idraulica applicata al diaframma. Normalmente il contrappeso è in cemento armato cavo per permettere di aggiungere zavorre per l'esatta equilibratura del sistema.
- 4) **DISPOSITIVI DI TENUTA:** su 3 lati con tenuta a lamierino.

In alcune installazioni, al posto delle aste e dei bilancieri, il contrappeso è collegato alla ventola mediante un sistema di funi e pulegge con opportuni rinvii.

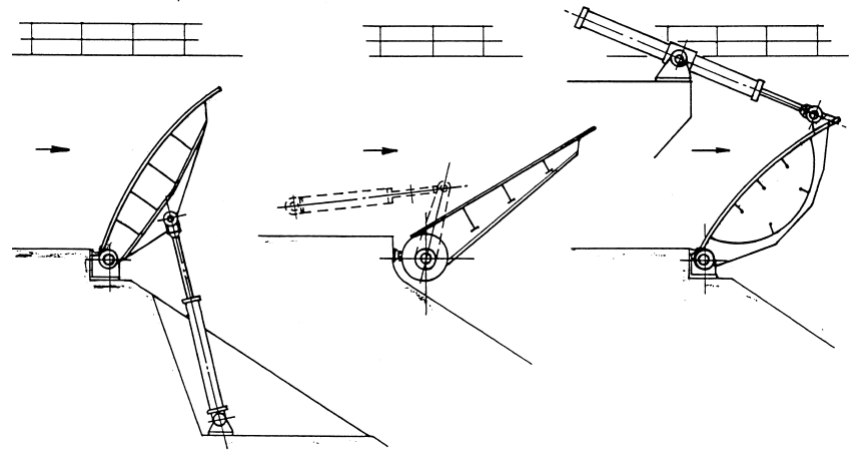
PARATOIE A VENTOLA

5) SISTEMA DI COMANDO

- 1) idraulico-meccanico (paratoie automatiche per il controllo del livello di invaso):
- 2) oleodinamico (volontario):
 - sollevando il contrappeso mediante martinetti oleodinamici installati sulle pile;
 - tramite pistoni oleodinamici, posti sulle pile a monte della ventola oppure a valle della stessa, installati nel corpo della soglia;
 - mediante motore elettrico per i sistemi di comando con funi e pulegge.



martinetto oleodinamico



PARATOIE A VENTOLA

Vantaggi

- con il sistema di comando da PLC, regolazione precisa dei livelli idrici negli invasi;
- consentono con facilità lo scarico di eventuale materiale galleggiante.

Svantaggi

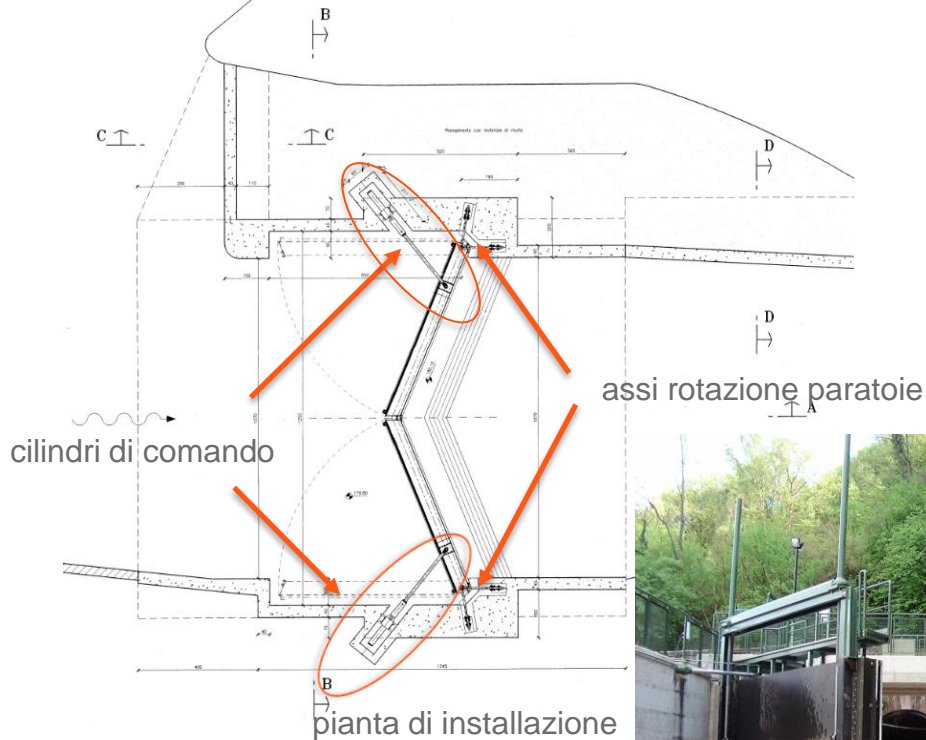
- con il sistema di comando idraulico-meccanico, la chiusura della paratoia può avvenire solo dopo che il livello nel serbatoio si è notevolmente abbassato con evidenti perdite di risorsa idrica;
- un vero e proprio limite progettuale è costituito dal fatto che il livello idrico può determinare, con il sistema di comando idraulico-meccanico, repentine aperture della paratoia con rilascio di notevoli portate a valle;
- le ventole comandate da martinetti a scomparsa, posti a valle delle stesse, hanno lo svantaggio della difficile accessibilità per manutenzione.

PARATOIE VINCIANE

Le paratoie vinciane, oltre all'utilizzo nelle conche di navigazione, sono utilizzate come organi di intercettazione di canali di derivazione.

Caratteristiche costruttive

- 1) **DIAFRAMMI**: coppia di paratoie piane rotanti con assi verticali, con due cerniere per ogni paratoia:
- 2) **CERNIERA SUPERIORE**, ancorata sul piedritto del canale;
- 3) **CERNIERA INFERIORE**, fissata alla platea del canale.
- 4) **DISPOSITIVI DI TENUTA**: Nella posizione di chiusura si uniscono a fare tenuta nella parte centrale del canale formando un certo angolo. Nella posizione di aperto, le paratoie rientrano invece completamente alloggiate in nicchie ricavate nei piedritti.
- 5) **SISTEMA DI COMANDO**: oleodinamico (volontario), con due servomotori a doppio effetto, uno per paratoia, incernierati alle sponde del canale in apposita nicchia e alla traversa superiore delle paratoie.



vista da valle con porta vinciana chiusa



vista da monte

PARATOIE VINCIANE

Caratteristiche funzionali

- Utilizzate come organi di intercettazione di canali di derivazione, le porte vinciane sono dimensionate per intercettare sotto-flusso tutta la portata derivata;
- normalmente le porte vinciane sono dotate anche di paratoie di by-pass per il riempimento graduale del canale.

PARATOIE ANULARI

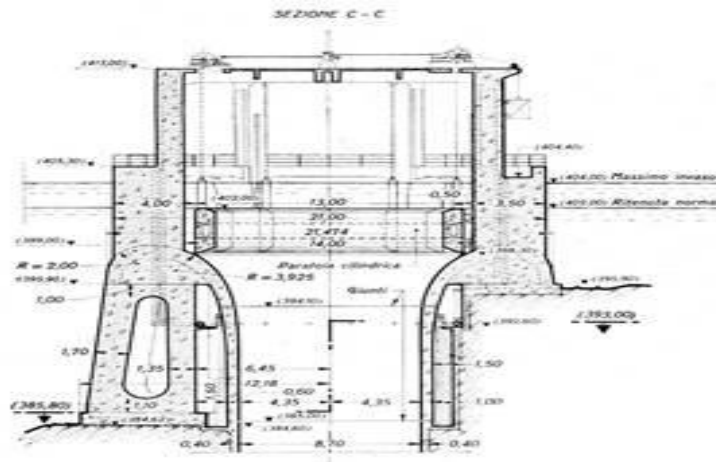
Le paratoie anulari presentano forma cilindrica con asse verticale e si muovono per scorrimento su guide lungo questo asse.

Vengono utilizzate per opere di presa o su scarichi di superficie e sono progettate per sopportare la pressione esterna per propria forma.

Caratteristiche funzionali

- Esempio di installazione: paratoia anulare che sormonta il pozzo di scarico della diga di Barcis. Ha un diametro di 13 m ed una ritenuta di 3 m: può essere tracimata superiormente oppure può essere sollevata determinando un funzionamento dapprima a battente e successivamente, per opportuni sollevamenti, libero sopra la soglia sottostante di calcestruzzo.

Paratoia anulare della diga di Barcis



PARATOIE CILINDRICHE

Le paratoie cilindriche sono costituite da un cilindro orizzontale chiuso che porta a ciascuna estremità una superficie di rotolamento e a fianco una ruota dentata.

Il movimento alla paratoia è trasmesso tramite 2 catene a "galle" avvolte a ciascuna delle estremità del cilindro e che superiormente fa capo ad un argano.



In posizione di chiusura il cilindro appoggia sulla platea, mentre per l'apertura esso rotola sulle rotaie e sulla cremagliera.

Il cilindro può anche essere riempito d'acqua per evitare il galleggiamento.

La paratoia è munita di un mantello a monte e di guarnizione alle due estremità laterali e sull'appoggio con la platea.

PARATOIE CILINDRICHE

Caratteristiche funzionali

Per le caratteristiche di rigidezza, questa tipologia di paratoie viene generalmente utilizzata su traverse fluviali con basse altezze di ritenuta e in installazioni dove sono necessarie ampie luci libere per il passaggio di ghiaccio o, più comunemente in Italia, detriti.

Le dimensioni massime della luce fluviale per l'applicazione di questo tipo di paratoia sono di circa 50 m e di 8 m di battente. Sono state realizzate anche paratoie cilindriche con ventole superiori.

Vantaggi

- La paratoia cilindrica è caratterizzata da facilità di tracimazione anche da parte di materiale galleggiante e soprattutto da una grande rigidità alla flessione ed alla torsione.

Svantaggi

- La forma cilindrica semplice determina condizioni di deflusso al di sotto di essa che non sono ottimali in quanto possono determinare cavitazione e vibrazione.

ALTRE TIPOLOGIE DI PARATOIE

Panconcelli e portine

Gli sbarramenti aventi grandi sviluppi longitudinali sono spesso formati da una serie di panconcelli o di portine. I panconcelli possono essere in legno o in alluminio, vengono appoggiati su un apposito dente ricavato nella soglia in muratura e, nella parte superiore, su una struttura di contrasto, fissata alla soglia in muratura, che ha anche la funzione di passerella per la movimentazione dei panconcelli, mediante carro semiautomatico o in modo manuale.



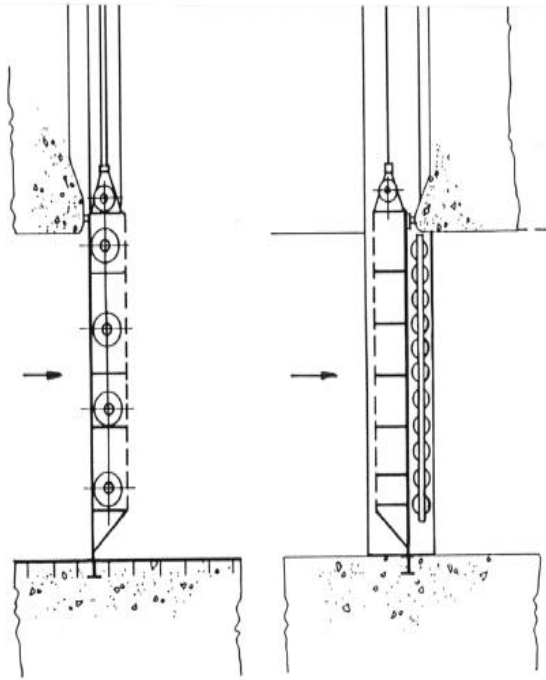
Diga di Paderno d'Adda

ALTRE TIPOLOGIE DI PARATOIE

Le portine sono generalmente in acciaio e sono sostenute da puntoni che hanno il punto di contrasto a valle sulla platea. E' possibile abbattere la singola portina in modo differente da quella attigua per ottenere un effetto di dissipazione. La movimentazione è generalmente effettuata con carri attrezzati che scorrono su una struttura di sostegno di importanti dimensioni.



Diga di Miorina di regolazione del lago Maggiore



ALTRE TIPOLOGIE DI PARATOIE

Paratoie di tipo Stoney

Si tratta di grandi paratoie su ruote con carrelliere svincolate dalla struttura delle paratoie e mobili indipendentemente. Lo scopo è quello di minimizzare gli attriti e quindi gli sforzi di movimentazione. Lo svantaggio di questa soluzione, che ha portato all'abbandono, è che le carrelliere inferiori sono permanentemente sotto acqua durante la movimentazione della paratoia.

Comparazione tra paratoia a ruote classica e di tipo Stoney

ALTRE TIPOLOGIE DI PARATOIE

Paratoie a cassone

Si tratta di paratoie piane realizzata a cassone, ossia con un doppio mantello di tenuta, uno a monte ed uno a valle. Lo spazio interno al cassone può essere messo in comunicazione con l'invaso affinché la posizione di apertura o chiusura necessaria sia determinata dall'equilibrio fra il peso della paratoia, quello del contrappeso, il riempimento parziale dell'acqua e la spinta di galleggiamento.

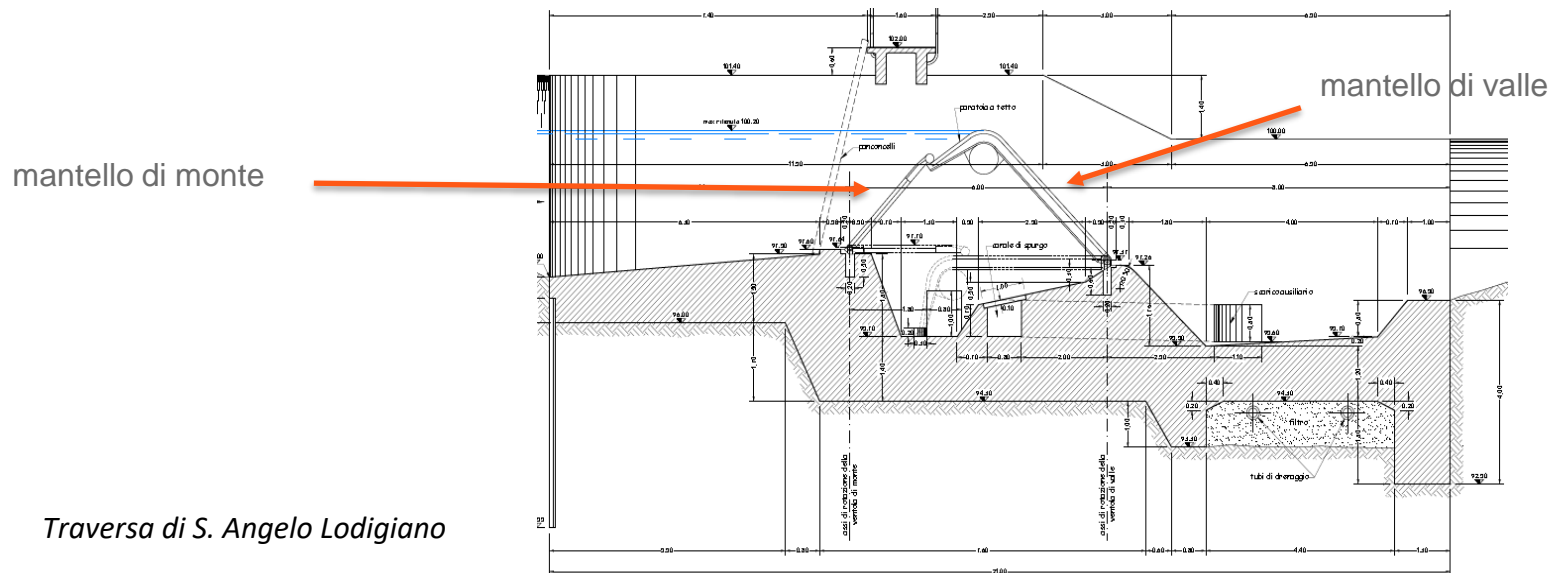
Tale tipologia di paratoia è ormai obsoleta, vista la facilità con cui si dispone oggi di forze di sollevamento e movimentazione tramite pistoni oleodinamici; comunque qualche paratoia di questo tipo, come quella presso la diga di Fontanaluccia, delle dimensioni di 15x5 m, è tuttora in esercizio.

ALTRE TIPOLOGIE DI PARATOIE

Paratoie a tetto

Questa paratoia è costituita da un mantello di monte incernierato inferiormente che ruota sulla platea e da un mantello di valle anch'esso incernierato inferiormente che, abbattendosi, rimane sotto il primo. La regolazione del grado di apertura avviene in maniera automatica utilizzando le spinte dell'acqua prelevata dal serbatoio a monte e scaricata a valle.

Svantaggio: la messa a punto del sistema di regolazione di questa tipologia di paratoia è complessa.

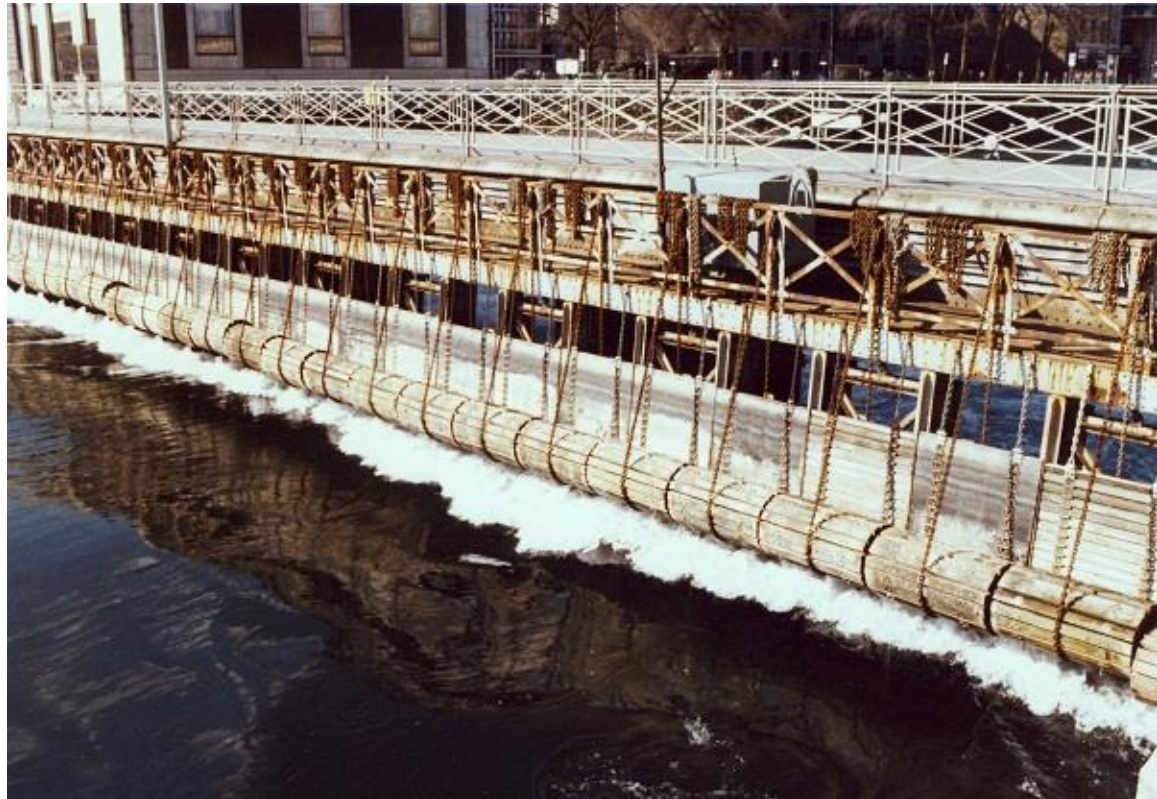


Traversa di S. Angelo Lodigiano

ALTRE TIPOLOGIE DI PARATOIE

Paratoie a tapparella

Questa paratoia è costituita da panconcelli disposti in posizione orizzontale che, movimentati da argani disposti sulla passerella della traversa, si sollevano arrotolandosi su tamburi mobili.



Pont de la Machine, lago di Ginevra